补饲发酵芦笋下脚料对母猪粪便形态和乳汁质量的影响

毛春瑕　石显亮*　何余湧　陆　伟**

（江西农业大学，江西省动物营养重点实验室，南昌 330045）

摘　要：本研究旨在探讨给妊娠后期和哺乳期母猪补饲发酵芦笋下脚料对母猪粪便形态和乳汁质量的影响。将 15 头膘情、胎次和预产期相近的怀孕母猪随机分配到Ⅰ组、Ⅱ组和Ⅲ组，每组 5 个重复，每个重复 1 头猪。Ⅰ组、Ⅱ组和Ⅲ组母猪每头每天分别补饲 0、0.25 和 0.50 kg 发酵芦笋下脚料。试验从母猪妊娠期的第 85 天开始到产后第 21 天结束。结果表明：1）给母猪补饲发酵芦笋下脚料能改善母猪的粪便形态。2）Ⅲ组母猪初乳中乳蛋白质、生长激素、胰岛素和免疫球蛋白 G 水平显著高于Ⅰ组（$P<0.05$），肿瘤坏死因子–α 水平显著低于Ⅰ组（$P<0.05$）。3）Ⅱ组和Ⅲ组母猪第 10 天乳汁中总超氧化物歧化酶活性显著高于Ⅰ组（$P<0.05$），而第 21 天乳汁中总超氧化物歧化酶活性则极显著高于Ⅰ组（$P<0.01$）；Ⅲ组母猪第 21 天乳汁中丙二醛、白细胞介素–1β、白细胞介素–6 和肿瘤坏死因子–α 水平分别显著低于Ⅰ组（$P<0.05$）。由此得出，补饲发酵芦笋下脚料能减少怀孕后期和哺乳期母猪便秘的发生，并不同程度地改善母猪乳汁质量。

关键词：母猪；发酵芦笋下脚料；粪便形态；乳汁质量

中图分类号：S816.6；S828　　文献标识码：　　文章编号：

在规模化养殖场中，母猪发生便秘的现象十分普遍，尤其是妊娠后期和哺乳期的母猪表现得尤为严重。母猪便秘会影响胎儿的发育，导致难产或产死胎，粪便发酵产生的毒素还会损害器官，引起子宫炎和乳房炎，出现产后泌乳障碍，泌乳量和乳液品质下降，进而影响哺乳仔猪的健康生长[1]。因此，不少营养学家致力于找到一种能减少母猪便秘和提高乳汁质量的新方法。据报道，芦笋下脚料中含有丰富的各种营养物[2]，风干的芦笋茎叶秸秆中含粗蛋白质 13.0%、粗脂肪 5.82%、粗纤维 42.5%、钙 1.77%、磷 0.42%以及 18 种畜禽必须的氨基酸[3-4]和活性物质（皂苷类和黄酮类化合物）[5]。目前，对芦笋下脚料中的生物活性物质研究较多，这些活性物质可以调节机体代谢，具有抗肿瘤[6-7]、抗疲劳[8]、抗衰老[9]和提高机体免疫力[10-11]等作用。有关将芦笋下脚料饲喂动物的研究发现，用芦笋下脚料饲喂泌乳牛可以提高牛的日增重和产奶量[12-13]，维持乳液质量[14]。马玉胜[15]利用芦笋下脚料饲喂奶山羊，发现日增重提高 10.7%，产奶量提高 13.1%，但对乳脂率无显著影响。马玉胜[16]研究发现饲粮中添加了芦笋渣的生长育肥猪日增重快，饲料转化率高，排粪正常。芦笋下脚料中的纤维含量较高，品质较差，难以直接饲喂单胃动物，但适当量的粗纤维含量可以降低母猪的便秘

收稿日期：2016－01－08

基金项目：江西省科技支撑计划项目（20142BBF60005）

作者简介：毛春瑕（1990—），女，江西上饶人，硕士研究生，从事动物营养与饲料研究。E-mail: yaoyuandetuoling@163.com

*同等贡献作者

**通信作者：陆　伟，研究员，硕士生导师，E-mail: lw20030508@163.com

发生率。因此，寻找适当的方法来提高芦笋下脚料的利用价值就显得十分重要。本试验通过固态发酵，降低芦笋下脚料中纤维素尤其是木质素的含量，制成发酵芦笋下脚料，改善适口性，然后饲喂妊娠后期和哺乳期的母猪，观察其对母猪便秘和乳汁质量的影响，验证能否减轻母猪便秘，并提高乳汁质量，为芦笋下脚料的开发利用和生猪的健康养殖提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

发酵芦笋下脚料：将新鲜芦笋下脚料用切草机粉碎，自然晾干至手抓后指缝间基本无汁液流出为止，然后将农威秸秆纤维分解剂、玉米粉和豆粕粉分别按 0.12%、5.00%和 5.00%的添加量混匀后均匀撒在晾干的芦笋下脚料中，拌匀，装入规格为 25 kg 装的发酵袋中，压实装满后扎紧袋口，在室温条件下（7~11 ℃）发酵 14 d 后用于妊娠母猪的补饲。经检测，用于补饲的发酵芦笋下脚料相关指标如下：pH 4.12，粗蛋白质 16.83%、酸性洗涤纤维 17.21%、中性洗涤纤维 24.33 %、乳酸 0.21 mmol/g、乙酸 16.70 mmol/L、丙酸 4.17 mmol/L、丁酸 2.14 mmol/L。试验母猪的基础饲粮参照 NRC(1998)标准在江西省新余市姚于镇万佳猪场进行配制，基础饲粮组成和营养水平见表 1。

表 1 基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	63.00
豆粕 Soybean meal	25.50
小麦麸 Wheat bran	6.10
豆油 Bean oil	2.00
赖氨酸 Lys	0.38
石粉 Limestone	0.50
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.27
食盐 NaCl	0.25
预混料 Premix[1)]	1.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]	
消化能 DE/(MJ/kg)	13.61
粗蛋白质 CP	16.72
钙 Ca	0.85
总磷 TP	0.66
有效磷 AP	0.35
赖氨酸 Lys	0.93
蛋氨酸+半胱氨酸 Met + Cys	0.70
苏氨酸 Thr	0.73

色氨酸 Try	0.20

[1)]每千克预混料提供 Per kg of premix provided the following：小苏打 sodium bicarbonate 1.6 g，草粉 grass power 1.6 g，VK_3 0.08 g，氯化胆碱 choline chloride 0.5 g，生物素 biotin 0.4 g，防霉剂 anti mould product 0.4 g，VA 450 000 IU，VD 60 000 IU，VE 3 000 IU，VB_1 0.13 g，VB_2 0.32 g，VB_6 0.15 g，VB_{12} 0.09 g，烟酸 niacin 1.2 g，泛酸 pantothenic acid 1.0 g，Zn 0.46 g，Fe 0.3 g，Mn 0.03 g，Cu 0.06 g。

[2)]消化能和有效磷为计算值，其余为实测值。DE and AP were calculated values, while the others were measured values.

1.2　试验方法

选择 15 头体重、膘情、胎次和预产期接近（1 周之内）以及乳头正常的怀孕母猪，将它们随机分配到Ⅰ组、Ⅱ组和Ⅲ组，每组 5 个重复，每个重复 1 头猪。Ⅰ组母猪饲喂基础饲粮，Ⅱ组和Ⅲ组母猪在饲喂基础饲粮的同时每头每天分别补饲 0.25 和 0.50 kg 发酵芦笋下脚料。正式试验从母猪妊娠期的第 85 天开始至产后第 21 天结束，其中，Ⅰ组、Ⅱ组和Ⅲ组总产活仔数、仔猪平均初生重和 21 日龄断奶仔猪数分别为 47 头、1.53 kg/头和 38 头，52 头、1.56 kg/头和 47 头，46 头、1.58 kg/头和 43 头。正式试验开始前进行 7 d 的预备试验，其余管理按猪场的正常程序进行。

1.3　样品采集

1.3.1　初乳样品

于母猪分娩后的 24 h 内收集初乳。采集前先按摩母猪乳房，然后用干净的酒精棉擦拭乳头，分别挤压母猪的前、中、后乳头，收集初乳 30 mL 于 EP 管中，然后混匀，迅速将样品放在－20 ℃冰箱贮存。

1.3.2　常乳样品

于母猪分娩后的第 10 和 21 天收集常乳。采集前经母猪耳静脉注射 20 IU 催产素，10 min 后用酒精棉擦拭母猪乳头，分别挤压母猪的前、中、后乳头，收集常乳 25 mL 于 EP 管中，混匀后迅速将样品放在－20 ℃冰箱贮存。

1.4　指标测定

1.4.1　母猪粪便评分

采用五分制并在每天 07：00 和 17：00 对母猪的粪便形态进行评定，评分标准参照易贤明等[17]的方法执行，具体评分标准见表 2。

表 2　母猪粪便形态评分标准

Table 2　Score criteria for fecal morphology of sows

分值 Score	定义 Definition	评分依据（粪便外观） Scoring (fecal appearance)
1	拉稀	液态，不成形，粪水分离
2	轻度拉稀	不成形，粪水没有分离
3	正常	成形，粪便大小适中
4	轻度便秘	粪便有点硬，比较小，颜色暗灰
5	重度便秘	粪便很硬，很小，圆珠状，呈黄色

1.4.2 母猪乳汁

母猪乳汁中免疫球蛋白[免疫球蛋白 A（immunoglobulin A,IgA）、免疫球蛋白 G（immunoglobulin G,IgG）、免疫球蛋白 M（immunoglobulin M,IgM）]、炎性因子[(白细胞介素–1β（interleukin-1β,IL-1β）、白细胞介素–6（interleukin-6,IL-6）、肿瘤坏死因子–α（tumor necrosis factor-α,TNF-α）]和激素[(生长激素（growth hormone,GH）、胰岛素（insulin,INS）]均采用酶联免疫检测试剂盒测定，总超氧化物歧化酶(total superoxide dismutase,T-SOD)采用 T-SOD 试剂盒测定，丙二醛(malondialdehyde,MDA)采用 MDA 试剂盒测定，试剂盒均购于南京建成生物工程研究所。母猪乳汁中乳脂、乳蛋白质、乳糖和乳总固形物水平分别参照 GB 5413.3—2010、GB 5009.5—2010、GB 5413.5—2010 和 GB 5413.39—2010 推荐方法测定。

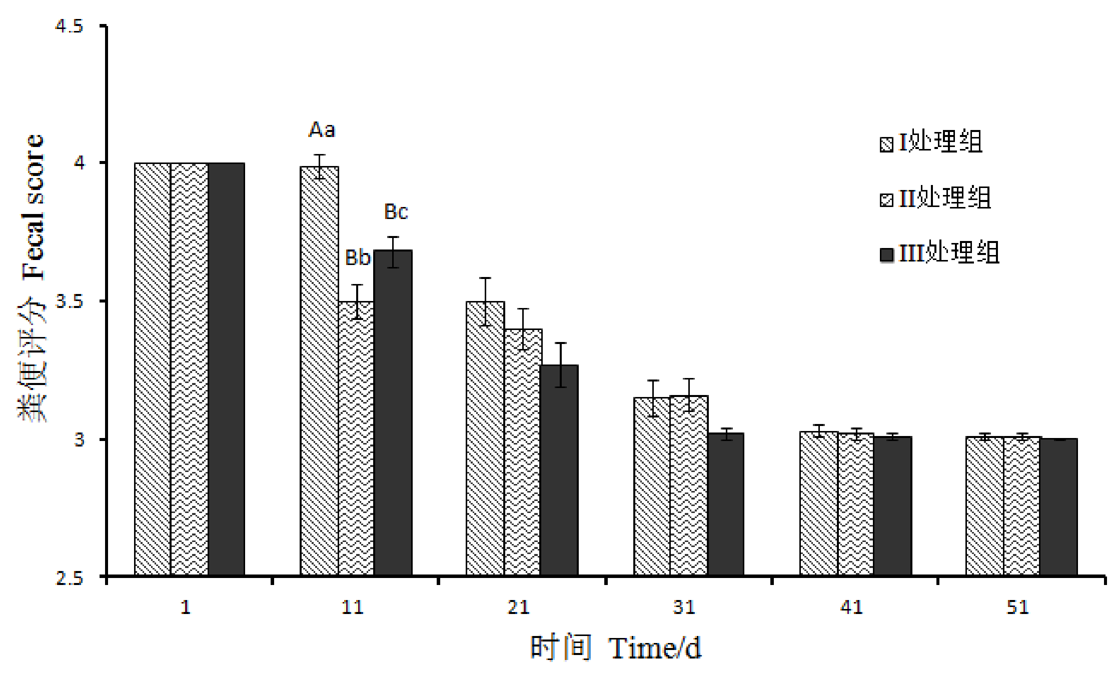
1.5 数据处理与统计分析

原始数据用 Excel 2003 处理后，采用 SPSS 17.0 软件进行单因素方差分析和 Duncan 氏多重比较，结果以平均值±标准误形式表示。

2 结果与分析

2.1 补饲发酵芦笋下脚料对母猪粪便形态的影响

由图 1 可知，在初始条件一致的情况下，随着天数的增加，II 组和III组的粪便评分整体水平均低于 I 组。第 11 天时，II 组和III组的粪便评分均极显著低于 I 组（$P<0.01$），II 组的粪便评分显著低于III组（$P<0.05$）；从试验第 31 天开始，III组的母猪粪便趋于正常，不再出现便秘。结果说明，与不补饲发酵芦笋下脚料相比，给妊娠后期母猪补饲发酵芦笋下脚料能提早改善母猪的粪便形态，减少妊娠后期母猪的便秘天数。



柱形标注不同大写字母表示差异极显著（$P<0.01$），不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），相同小写字母或无字母表示差异不显著（$P>0.05$）.

Column with different capital letter superscripts mean extremely significant difference ($P<0.01$), and with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), while with the same or no letter

superscripts mean no significant difference (P>0.05)

图 1　补饲发酵芦笋下脚料对母猪粪便形态的影响

Fig.1　Effects of supplementary feeding fermented asparagus by-product on fecal morphology of sows

2.2　补饲发酵芦笋下脚料对母猪乳汁质量的影响

2.2.1　补饲发酵芦笋下脚料对母猪乳汁抗氧化物质和激素水平的影响

由表 3 可知，III组母猪初乳中 GH 和 INS 水平显著高于 I 组（P＜0.05），但 II 组和 I 组之间无显著差异（P＞0.05）。II 组和III组母猪第 10 天乳汁中 T-SOD 活性显著高于 I 组（P＜0.05），3 组间第 10 天乳汁中 MDA、GH 和 INS 水平均无显著差异（P＞0.05）。II 组和III组母猪第 21 天乳汁中 T-SOD 活性极显著高于 I 组（P＜0.01），但 II 组和III组之间无显著差异（P＞0.05）；III组母猪第 21 天乳汁中 MDA 水平显著低于 I 组和 II 组（P＜0.05）。

表 3　补饲发酵芦笋下脚料对母猪乳汁抗氧化物质和激素水平的影响

Table 3　Effects of supplementary feeding fermented asparagus by-product on the levels of antioxidant substances and hormones in sow milk

项目 Items	I 组 Group I	II 组 Group II	III组 Group III
初乳 Colostrum			
总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mL)	341.19±41.26	356.87±34.11	371.31±42.84
丙二醛 MDA/(nmol/L)	4.15±0.69	4.77±0.84	4.21±0.43
生长激素 GH/(ng/mL)	2.59±0.27^{a}	2.79±0.27^{a}	4.31±0.33^{b}
胰岛素 INS/(mIU/L)	65.72±24.30^{a}	90.92±8.08^{ab}	118.60±9.22^{b}
第 10 天乳汁 Milk collected at day 10			
总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mL)	252.24±15.88^{a}	338.04±30.51^{b}	320.65±13.42^{b}
丙二醛 MDA/(nmol/L)	4.51±0.77	3.81±0.52	3.08±0.70
生长激素 GH/(ng/mL)	3.08±0.32	3.45±0.14	3.66±0.47
胰岛素 INS/(mIU/L)	36.74±6.67	45.51±4.43	75.65±32.92
第 21 天乳汁 Milk collected at day 21			
总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mL)	238.44±11.31^{Aa}	299.14±11.36^{Bb}	308.58±6.42^{Bb}
丙二醛 MDA/(nmol/L)	4.83±0.15^{b}	4.9±0.27^{b}	4.19±0.13^{a}
生长激素 GH/(ng/mL)	3.08±0.16	3.87±0.17	3.39±0.24
胰岛素 INS/(mIU/L)	41.29±3.37	44.64±3.92	57.43±10.52

同行数据肩标不同大写字母表示差异极显著(P<0.01)，不同小写字母表示差异显著(P<0.05)，相同或无字母表示差异不显著(P>0.05)。下表同。

In the same row, values with different capital letter superscripts mean extremely significant difference (P<0.01), and with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2.2　补饲发酵芦笋下脚料对母猪乳汁免疫球蛋白水平的影响

由表 4 可知，III组母猪初乳中 IgG 水平显著高于 I 组（P＜0.05），但与 II 组无显著差异

（P＞0.05）；3 组间初乳中 IgA 和 IgM 无显著差异（P＞0.05）。3 组之间常乳中的免疫球蛋白水平均无显著差异（P＞0.05）。

表 4　补饲发酵芦笋下脚料对母猪乳汁免疫球蛋白水平的影响

Table 4　Effects of supplementary feeding fermented asparagus by-product on the immunoglobulin levels in sow milk　mg/mL

项目 Items	Ⅰ组 Group Ⅰ	Ⅱ组 Group Ⅱ	Ⅲ组 Group Ⅲ
初乳 Colostrum			
免疫球蛋白 A IgA	5.07±0.32	5.50±0.35	6.17±0.36
免疫球蛋白 G IgG	23.38±1.38[a]	27.45±1.42[ab]	31.63±2.11[b]
免疫球蛋白 M IgM	2.43±0.22	2.67±0.24	2.57±0.27
第 10 天乳汁 Milk collected at day 10			
免疫球蛋白 A IgA	2.15±0.16	2.45±0.20	2.67±0.24
免疫球蛋白 G IgG	9.28±0.36	9.77±0.48	10.33±0.63
免疫球蛋白 M IgM	0.78±0.04	0.83±0.05	0.80±0.06
第 21 天乳汁 Milk collected at day 21			
免疫球蛋白 A IgA	0.90±0.08	0.96±0.09	0.93±0.13
免疫球蛋白 G IgG	5.82±0.60	6.05±0.59	6.28±0.61
免疫球蛋白 M IgM	0.45±0.07	0.48±0.08	0.45±0.07

2.2.3　补饲发酵芦笋下脚料对母猪乳汁炎性因子水平的影响

由表 5 可知，Ⅲ组母猪初乳中 TNF-α 水平显著低于Ⅰ组和Ⅱ组（P＜0.05），但Ⅰ组与Ⅱ组间无显著差异（P＞0.05）；3 组初乳中 IL-1β 和 IL-6 水平均无显著差异（P＞0.05）。Ⅱ组母猪第 10 天乳汁中 IL-1β 水平显著低于Ⅰ组（P＜0.05）。Ⅲ组母猪第 21 天乳汁中 3 种炎性因子水平分别显著低于Ⅰ组（P＜0.05），而Ⅲ组母猪第 21 天乳汁中 IL-1β 和 TNF-α 水平分别显著低于Ⅱ组（P＜0.05），Ⅱ组与Ⅰ组之间母猪第 21 天乳汁中 3 种炎性因子水平均无显著差异（P＞0.05）。

表 5　补饲发酵芦笋下脚料对母猪乳汁中炎性因子水平的影响

Table 5　Effects of supplementary feeding fermented asparagus by-product on the inflammatory factor levels in sow milk　ng/L

项目 Items	Ⅰ组 Group Ⅰ	Ⅱ组 Group Ⅱ	Ⅲ组 Group Ⅲ
初乳 Colostrum			
白细胞介素–1β IL-1β	30.09±5.31	34.35±7.86	27.96±4.52
白细胞介素–6 IL-6	319.40±31.46	343.32±21.90	383.70±30.26
肿瘤坏死因子–α TNF-α	166.84±6.83[b]	172.00±5.03[b]	141.47±5.09[a]
第 10 天乳汁 Milk collected at day 10			
白细胞介素–1β IL-1β	24.25±1.33[b]	16.62±2.69[a]	19.00±0.61[ab]
白细胞介素–6 IL-6	137.02±11.31	131.32±12.75	136.00±9.64
肿瘤坏死因子–α TNF-α	155.79±12.08	161.16±8.17	148.74±8.62
第 21 天乳汁 Milk collected at day 21			

白细胞介素–1β IL-1β	23.43±1.85[b]	20.62±0.69[b]	16.96±0.57[a]
白细胞介素–6 IL-6	152.04±7.21[b]	131.53±11.00[ab]	109.70±6.80[a]
肿瘤坏死因子–α TNF-α	190.89±6.01[b]	188.63±3.41[b]	165.16±8.46[a]

2.2.4 补饲发酵芦笋下脚料对母猪乳汁中常规营养物质水平的影响

由表 6 可知，III组母猪初乳中乳蛋白质水平显著高于 I 组（$P<0.05$），但 II 组和III组之间无显著差异（$P>0.05$）；3 组母猪初乳中乳脂、乳糖和乳总固形物水平均无显著差异（$P>0.05$）。3 组母猪第 10 天和第 21 天乳汁中 4 种常规营养物质水平均无显著差异（$P>0.05$）。

表 6 补饲发酵芦笋下脚料对母猪乳汁中常规营养物质水平的影响

Table 6 Effects of supplementary feeding fermented asparagus by-product on the of regular ingredient levels in sow milk %

项目 Items	I 组 Group I	II 组 Group II	III组 Group III
初乳 Colostrum			
乳脂 Butterfat	7.04±0.52	6.87±0.47	7.21±0.67
乳蛋白质 Milk protein	6.92±0.38[a]	7.65±0.81[ab]	8.23±0.53[b]
乳糖 Lactose	10.93±1.43	11.65±2.54	10.77±4.20
乳总固形物 Milk total solid	21.27±3.42	19.43±4.87	20.74±3.76
第 10 天乳汁 Milk collected at day 10			
乳脂 Butterfat	4.95±1.67	4.83±2.21	5.16±0.97
乳蛋白质 Milk protein	3.86±0.15	4.23±0.27	4.09±0.16
乳糖 Lactose	5.76±1.27	6.81±1.43	7.33±2.40
乳总固形物 Milk total solid	12.07±2.49	13.76±1.84	14.51±1.75
第 21 天乳汁 Milk collected at day 21			
乳脂 Butterfat	4.09±0.75	3.87±0.11	4.26±0.27
乳蛋白质 Milk protein	3.47±0.04	3.19±0.03	3.57±0.03
乳糖 Lactose	5.43±0.51	5.29±0.84	5.43±0.42
乳总固形物 Milk total solid	9.81±1.21	10.23±1.43	9.76±0.97

3 讨 论

3.1 补饲发酵芦笋下脚料对母猪粪便形态的影响

据报道，在规模化养猪场中，约有 30%~50%的母猪会发生便秘，而便秘又会不同程度地降低母猪的年生产力[18]。母猪缺乏运动，饮水不足，饲料中缺乏粗纤维，滥用药物以及肠道菌群失调是引起母猪便秘的主要原因。研究表明，增加饲粮中的粗纤维含量可以刺激肠道蠕动，提高食糜的流动，从而降低妊娠母猪的便秘发生率[19-20]；而提高饲粮中的纤维水平有助于改善妊娠母猪粪便的菌群组成，增加益生菌的数量[21]，益生菌通过改善肠道内环境、促进肠道运动和增加食糜流通性等方式来防治便秘的发生[22-24]。本研究发现，给怀孕后期和哺乳期母猪每头每天补饲 0.25 或 0.50 kg 发酵芦笋下脚料能使母猪的便秘现象得到有效改善，这可能与发酵芦笋下脚料中含有较丰富的膳食纤维、维生素、有机酸、多糖及益生菌等成分有关。

3.2 补饲发酵芦笋下脚料对母猪乳汁质量的影响

母猪乳汁是仔猪重要的营养源和免疫源。母猪乳汁的成分处于持续变化的状态，在产后的 2~3 d 变化明显，1 周后逐渐趋于稳定[25]。根据乳汁中主要的能量物质和营养成分水平可将其分为初乳和常乳[26-27]。其中，初乳是新生仔猪最适宜的食料，含有丰富的乳蛋白质、乳脂、维生素和矿物质以及生物活性物质等，是仔猪的能量来源，为仔猪的生物合成提供前体物质，对仔猪具有特异性和非特异性免疫保护以及传达母源性神经和内分泌调节信号的作用。因此，提高母猪的乳汁质量对仔猪的健康生长具有重要的作用。

3.2.1 补饲发酵芦笋下脚料对母猪乳汁抗氧化物质和激素水平的影响

母猪乳汁中的激素主要来自于血液，也有一部分由乳腺自身合成。INS、GH 和催乳素（prolactin,PRL）是促进仔猪生长的重要的蛋白质激素。INS 可以促进多种类型细胞的有丝分裂，并与血小板源生长因子、表皮生长因子有协同作用，是调控初生动物早期肠道生长发育的关键激素之一[28]。PRL 可促进肠道吸收水和电解质，有助于肝、肾和乳腺的发育。GH 与 PRL 来源于同一干细胞，具有相似的功能。研究发现，配方乳中补加胰岛素可以显著提高仔猪小肠黏膜的重量和蛋白质水平，尤其是回肠后段[29]，同时提高小肠内容物中乳糖酶、麦芽糖酶和碱性磷酸酶的活性[30]。张荣庆等[31]研究表明大豆黄酮可显著提高妊娠母猪血清及初乳中 PRL 和 GH 水平。郭旭东等[32]发现，芦丁可以显著提高乳腺组织中雌激素、PRL 和 GH 水平。刘根桃等[33]亦发现用大豆黄酮饲喂妊娠后期母猪可以提高初乳中 GH、类胰岛素生长因子 1 和促甲状腺激素的水平，仔猪出生窝重也显著提高。芦丁与雌激素具有相似的平面双苯环结构，可以发挥弱雌激素作用[34]，而雌激素通过调节 GH 和 PRL 的分泌来间接发挥作用[31]。与芦丁结构相似的大豆黄酮以及黄芪、葛根和苜蓿等植物中含有的异黄酮类化合物，具有雌激素样或抗雌激素样的双重作用[35]，可以降血脂、预防乳腺癌和冠心病等。本研究发现，补饲了发酵芦笋下脚料的母猪乳汁中 GH 和 INS 水平得到提高，其中III组母猪初乳中 GH 和 INS 水平均显著高于 I 组，这可能与芦笋下脚料中含有丰富的槲皮素、芦丁、槲皮苷、香橼素、山奈酚和异鼠李素等黄酮类化合物有关[36-38]。

T-SOD 可以消除机体新陈代谢过程中产生的有害物质，是清除体内自由基的首要物质。MDA 是自由基作用于脂质发生氧化反应的终产物，具有细胞毒性。刘国强等[39]关于芦笋黄酮对 *D*–半乳糖衰老小鼠的抗氧化作用的研究发现，芦笋黄酮可以明显提高 T-SOD 活性和降低 MDA 水平，能修复损伤的组织和细胞。芦笋多糖可以去除超氧阴离子自由基和羟自由基，防止体内脂质过氧化，并能抑制红细胞溶血和肝线粒体肿大[40]，保护 T-SOD 以防止其失活[41]。段雅庆[42]体外抗氧化活性研究表明，芦笋中黄酮和多糖的复合提取物可以清除超氧阴离子自由基与羟自由基。瞿明[43]亦发现芦笋多糖对自由基有一定的清除作用，且有一定的剂量效应。本研究发现，II 组和III组第 10 天乳汁中 T-SOD 活性显著高于 I 组，II 组和III组第 21 天乳汁中 T-SOD 活性极显著高于 I 组。随着发酵芦笋下脚料补饲水平的提高 T-SOD 活性呈上升趋势，而 MDA 水平则呈下降趋势，III组 MDA 水平显著低于 I 组。这与芦笋下

脚料中富含黄酮和多糖等抗氧化活性成分有关。芦笋黄酮具有调节机体免疫力、抗氧化、抗炎症、清除自由基和抗肿瘤等生物活性，它所含有的酚羟基结构容易与自由基反应使其失去活性[42]。发酵芦笋下脚料对初乳 T-SOD 活性和 MDA 水平无显著影响，可能与分娩应激有关。

3.2.2 补饲发酵芦笋下脚料对母猪乳汁免疫球蛋白水平的影响

母猪乳汁尤其是初乳中包含了丰富的生物活性物质，特别是免疫球蛋白。乳汁中免疫球蛋白包括 IgG、IgA 和 IgM 等。猪初乳中免疫球蛋白占乳清蛋白的 60%以上，其中 80%为 IgG。初乳中 IgG 水平与其他生物活性物质的水平呈正相关，因此，IgG 水平可以反映乳汁质量的高低。杨建英等[44]发现，大豆黄酮可以提高泌乳晚期奶牛血清及乳中的特异性抗体水平，乳中 IgA 约提高 60%。本研究亦发现，随着母猪饲粮中发酵芦笋下脚料补饲水平的提高，母猪乳汁中 IgG、IgA 和 IgM 水平均呈上升的趋势，其中III组初乳中 IgG 水平显著高于 I 组，这与李思明等[45]发现芦笋秸秆提取物可以显著提高余干乌鸡血清中 IgG 水平相类似。说明母猪补饲发酵芦笋下脚料后，乳汁质量有所提高，仔猪采食初乳后，可以获得较高的被动免疫力。这可能与芦笋内含有丰富的组织蛋白、皂甙类、叶酸、核酸以及微量元素（特别是硒）有关[46]。其中甾体皂甙的生物活性很值得注意，具有抗菌、抗炎以及抗肿瘤的作用，可以激活淋巴细胞，增强人外周淋巴细胞中自然杀伤细胞（natural killer cell,NK）的活性[47]，另有报道，皂苷能增强免疫功能低下动物的非特异性免疫、体液免疫以及细胞免疫[48]。

3.2.3 补饲发酵芦笋下脚料对母猪乳汁中炎性因子水平的影响

TNF-α 是一种单核因子，主要由单核细胞和巨噬细胞产生。此外，中性粒细胞、淋巴因子激活的杀伤细胞（lymphokine-activated killer cell,LAK）、星状细胞、内皮细胞和平滑肌细胞亦可产生 TNF-α[49-50]。在体内体外可以特异性杀伤肿瘤细胞，且对正常组织细胞的生长繁殖无影响[51]。肿瘤坏死因子还可诱导产生其他细胞因子，促进 IL-1β、IL-6 和白细胞介素–8（IL-8）的分泌，介导机体的免疫和炎症反应[52]。IL-1β 主要由巨噬细胞产生，此外几乎所有的有核细胞，如 B 淋巴细胞和 NK 等均可产生 IL-1β，可促进 B 淋巴细胞增殖分化，增加脾细胞的溶血空斑数，促进抗体的形成，增强单核巨噬细胞的抗原递呈能力。IL-6 能促进 B 淋巴细胞和 T 淋巴细胞增殖分化，刺激肝细胞在急性炎症反应中诱导急性反应蛋白的合成，增强其它细胞因子的功效。蔡春水等[53]发现骨碎补黄酮能抑制巨噬细胞分泌 TNF-α 和 IL-6 等溶骨性细胞因子。杨勤等[54]研究报道，芦笋原汁、芦笋多糖和皂甙提取物均可以提高小鼠的免疫机能，特别是细胞免疫，促进小鼠脾淋巴细胞增值转化，提高 NK 和 LAK 活性，且芦笋皂甙的作用明显高于芦笋原汁和芦笋多糖。本研究发现，随着母猪饲粮中发酵芦笋下脚料补饲水平的提高，母猪乳汁中 IL-1β、IL-6 和 TNF-α 水平均呈现下降的趋势。III组第 21 天乳汁中 IL-1、IL-6 和 TNF-α 水平显著低于 I 组。说明发酵芦笋下脚料能缓解母猪的炎症反应。这与朱立华[55]芦笋类黄酮抗炎症作用研究结果相类似，芦笋提取物可显著降低 IL-6 水平，且呈现剂量相关性。这些现象可能与芦笋及其下脚料中含有黄酮、多糖和皂角甙等活

性成分相关。

3.2.4 补饲发酵芦笋下脚料对母猪乳汁中常规营养物质水平的影响

乳脂、乳蛋白质和乳糖是乳汁质量的重要指标[56]。本研究发现，母猪饲粮中补饲不同水平的发酵芦笋下脚料后，初乳中的乳蛋白质水平有所升高，且III组初乳中乳蛋白质水平显著高于I组，第10天和第21天乳汁中乳蛋白质无显著变化。这与艾晓杰等[57]在荷斯坦牛饲粮中添加大豆黄酮显著提高了初乳中的蛋白质，但对常乳中的蛋白质无显著影响的结果相一致。本研究还发现，补饲芦笋下脚料对母猪乳汁中乳糖水平无显著影响，这与郭旭东[58]等研究发现芦丁对牛乳中乳糖水平无显著影响的结果相类似。

4 结 论

① 每天给每头母猪补饲 0.25 或 0.50 kg 的发酵芦笋下脚料可以改善妊娠后期母猪的便秘状况，减少妊娠后期母猪的便秘天数。

② 从妊娠后期开始每天给每头母猪补饲 0.50 kg 的发酵芦笋下脚料能显著提高母猪初乳中的乳蛋白质、GH、INS 和 IgG 水平，显著降低母猪初乳中的 TNF-α 水平。母猪分娩后继续补饲发酵芦笋下脚料可以提高常乳中的抗氧化物质水平并降低常乳中的炎性因子水平。

参考文献：

[1] 曹广芝,赵鸿璋,赵波涛.规模化猪场母猪便秘发生的原因及防制措施[J].上海畜牧兽医通讯,2009(2):116–117.

[2] 顾振新,张建惠.芦笋弃料的营养价值和开发利用研究[J].南京农业大学学报,1994,17(2):111–117.

[3] 马玉胜.芦笋下脚料及其茎叶秸秆的利用现状与开发前景[J].草与畜杂志,1995(1):35.

[4] VILLANUEVA-SUAREZ M J,REDONDO-CUENCA A,RODRIGUEZ-SEVILLA M D,et a1.Characterization of non starch polysaccharides content from different edible organs of some vegetables,determined by GC and HPLC:comparative study[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,2003,51(20):5950–5955.

[5] 高文庚,王红,武爱国.芦笋罐头加工下脚料营养成分分析[J].中国农村小康科技,2007(1):73–75.

[6] SHAO Y,CHIN C K,HO C T,et al.Anti-tumor activity of the crude saponins obtained from asparagus[J].Cancer Letters,1996,104(1):31–36.

[7] STIRPE F,GASPERI-CAMPANI A,BARBIERI L,et al.Ribosome-inactivating proteins from the seeds of *Saponaria officinalis* L.(soapwort),of *Agrostemma githago* L.(corn cockle) and of *Asparagus officinalis* L.(asparagus),and from the latex of *Hura crepitans* L.(sandbox tree)[J].Biochemical Journal,1983,216(3):617–625.

[8] 冯翠萍,程红艳,刘喜文,等.芦笋皮对小鼠抗疲劳作用的实验研究[J].营养学报,2003,25(3):330–332.

[9] 刘小雷,金丽平,陈朝军,等.芦笋水提物对果蝇体内脂褐质及 SOD 的影响[J].内蒙古医学

院学报,1997,19(4):36–38.

[10] GAUTAM M,DIWANAY S,GAIROLA S,et al.Immunoadjuvant potential of Asparagus racemosus aqueous extract in experimental system[J].Journal of Ethnopharmacology,2004,91(2):251–255.

[11] DIWANAY S,CHITRE D,PATWARDHAN B.Immunoprotection by botanical drugs in cancer chemotherapy[J].Journal of Ethnopharmacology,2004,90(1):49–55.

[12] 马裕盛.芦笋下脚料饲喂泌乳牛试验效果[J].饲料与畜牧,1989(5):18–20.

[13] 石传林,冯业涛,秦亮.利用芦笋加工下脚料饲喂泌乳牛的效果[J].饲料博览,2001(2):22–23.

[14] 黄玉德,杨继成,王洪宝.利用芦笋渣饲喂奶牛试验[J].中国畜牧杂志,1990,26(4):41–42.

[15] 马玉胜.芦笋下脚料饲喂奶山羊的效果观察[J].四川畜牧兽医,1997(1):33–34.

[16] 马玉胜.芦笋下脚料饲喂生长育肥猪的试验效果[J].饲料工业,1996,17(12):37–38.

[17] 易贤明,雷宣会,廖新俤,等.饲喂杂交狼尾草对妊娠母猪粪便形态特性与成分的影响[J].养猪,2009(3):15–16.

[18] 金少飞,毛平太,张建峰,等.母猪便秘综合防治及体会[J].畜牧兽医杂志,2011,30(6):128–129.

[19] 钟永兴,梁展雯.母猪便秘的原因分析及应对措施[J].养猪,2012(4):84–85.

[20] 邓敦,段叶辉,姚康,等.饲粮中添加苹果渣对妊娠母猪粪便及繁殖性能的影响[J].动物营养学报,2015,27(2):535–540.

[21] 杨玉芬,葛德军,王长康.饲粮纤维水平对妊娠母猪粪便指标、血清激素和生化指标的影响[J].动物营养学报,2010,22(6):1529–1535.

[22] 侯成立,季海峰,周雨霞,等.益生菌的作用机制及其在母猪生产中的应用[J].中国畜牧兽医,2011,38(7):20–22.

[23] 王文娟,孙冬岩,孙笑非,等.母猪便秘的原因及防制对策[J].饲料研究,2011(10):75–77.

[24] 梁占学,李宏全,王俊东.集约化猪场母猪便秘原因及防治[J].四川畜牧兽医,2010(3):50+52.

[25] KLOBASA F,WERHAHN E,BUTLER J E.Composition of sow milk during lactation[J].Journal of Animal Science,1987,64(5):1458–1466.

[26] PERRIN D R.The chemical composition of the colostrums and milk of the sow[J].Journal of Dairy Research,1955,22(1):103–107.

[27] 李卫真.太湖猪(二花脸)分娩后一周内乳腺分泌物生化性质的研究[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学,1993.

[28] 邹仕庚,王恬,陆治年.乳源性生长因子和初生动物胃肠道生长发育的关系[J].畜牧与兽医,2000,32(1):36–38.

[29] 邹仕庚,王恬,郑春田,等.胰岛素和酶解配方乳对初生仔猪胃肠道生长发育影响的研究

[J].动物营养学报,2001,13(1):19–24,35.

[30] 王恬,许若军,郑春田,等.胰岛素及 IGF-Ⅰ对仔猪胃肠道生长发育的营养调控[C]//第四届中国畜牧兽医青年科技工作者学术研讨会论文集.扬州：中国畜牧兽医学会，2001:114–117.

[31] 张荣庆,韩正康,陈杰,等.大豆黄酮对母猪免疫功能和血清及初乳中 GH、PRL、SS 水平的影响[J].动物学报,1995,41(2):201–206.

[32] 郭旭东,刁其玉,王月影,等.芦丁促进大鼠泌乳性能的研究[J].动物营养学报,2010,22(6):1775–1782.

[33] 刘根桃,郑元林,陈伟华,等.妊娠后期母猪饲喂大豆黄酮对泌乳性能及初乳中激素水平的影响[J].南京农业大学学报,1999,22(1):69–72.

[34] THAM D M,GARDNER C D,HASKEL W L.Potential health benefits of dietary phytoest-rogens:a review of the clinical,epidemiological,and mechanistic evidence[J].Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism,1998,83(7):2223–2235.

[35] KALDAS R S,HUGHES C L.Reproductive and general metabolic effects of phytoestrogens in mammals[J].Reproductive Toxicoloy,1989,3(2):81–89.

[36] 王春燕,王卫东,李超,等.芦笋的生物活性成分及其生理功能[J].食品与药品,2010,12(9):369–372.

[37] 詹姿女,徐向红,朱卫丰,等.芦笋的化学成分及生物活性研究[J].江西中医药,2011,42(2):46–49.

[38] FUENTES-ALVENTOSA J M,JARAMILLO S,RODRIGUEZ-GUTIERREZ G,et al.Flavonoid profile of green asparagus genotypes[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,2008,56(16):6977–6984.

[39] 刘国强,杨桂文,安利国.芦笋黄酮对 *D*–半乳糖衰老小鼠大脑皮层 SOD、MDA 的影响[J].科技信息:学术研究,2008(2):119.

[40] 李姣,王珂,王瑞坡,等.芦笋多糖提取纯化工艺及其体外抗氧化研究[J].食品科学,2011,32(8):65–69.

[41] 李娟,王凤山.芦笋多糖的研究进展[J].中国生化药物杂志,2009,30(3):215–217.

[42] 段雅庆.芦笋中黄酮和多糖的复合提取及其抗氧化活性研究[D].硕士学位论文.武汉:华中农业大学,2010:17–23.

[43] 瞿明.芦笋多糖提取分离、纯化、初步结构鉴定及其抗氧化活性研究[D].硕士学位论文.武汉:华中农业大学,2011:68–72.

[44] 杨建英,张勇法,王艳玲,等.大豆黄酮对奶牛产奶量和乳中常规成分的影响[J].饲料研究,2005(6):30–31.

[45] 李思明,唐艳强,熊立根,等.芦笋秆提取物对余干乌鸡产蛋性能及血清免疫生化指标的影响[J].家畜生态学报,2014,35(2):31–34.

[46] 李冬华,袁瑞荣,孙燕,等.中药芦笋的实验和临床研究Ⅰ、芦笋抗肿瘤作用和免疫调节功能的初步实验研究[J].中国临床药理学杂志,1988,4(1):32–39.

[47] 冯国宣.抗癌植物资源与天然产物研究[J].湖北民族学院学报:自然科学版,2001,19(3):26–32.

[48] 张存莉,吴战库,马惠玲,等.甾体皂苷的生物活性研究进展[J].西北林学院学报,2003,18(2):95–100.

[49] BUTTINI M,APPEL K,SAUTER A,et al.Expression of tumor necrosis factor alpha after focal cerebral ischaemia in the rat[J].Neuroscience,1996,71(1):1–16.

[50] PINZANI M,MARRA F,CARLONI V.Signal transduction in hepatic stellate cells[J].Liver,1998,18(1):2–13.

[51] 万方.肿瘤坏死因子(TNF)——一种理想的抗肿瘤细胞因子[J].生命的化学:中国生物化学会通讯,1993,13(4):30–31.

[52] 李政海.肿瘤坏死因子[J].中山大学研究生学刊:自然科学版,1994,15(3):84–91.

[53] 蔡春水,肖平,张毅,等.骨碎补总黄酮对巨噬细胞分泌细胞因子 TNF-α、IL-6 水平的影响[J].中国矫形外科杂志,2006,14(15):1185–1187.

[54] 杨勤,庄宗杰,吴锦忠,等.芦笋对小鼠细胞免疫机能的影响[J].贵阳医学院学报,1992,17(4):250–254.

[55] 朱立华.芦笋（*Asparagus officinalis* Linne）类黄酮抗炎症作用研究[D].硕士学位论文.济南:山东师范大学,2007:33–37.

[56] 张海军.长约二元母猪初乳常规成分、酶和激素的动态变化及其与常乳的比较研究[D].硕士学位论文.郑州:河南农业大学,2002:13–17.

[57] 艾晓杰,吴晓林,朱勇琪,等.大豆黄酮对荷斯坦牛乳中蛋白质和脂肪含量的影响[J].中国奶牛,2005(6):19–21.

[58] 郭旭东,刁其玉,屠焰,等.芦丁对奶牛泌乳性能和血清指标的影响[J].中国农业科学,2010,43(24):5137–5146.

Effects of Supplementary Feeding Fermented Asparagus By-Product on Fecal Morphology and Milk Quality of Sows

MAO Chunxia　SHI Xianliang*　HE Yuyong　LU Wei**

（*Jiangxi Province Key Lab of Animal Nutrition*, *Jiangxi Agricultural University*, *Nanchang* 330045, *China*）

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of supplementary feeding fermented asparagus by-product on fecal morphology and milk quality of sows from late-pregnancy to the end of lactation. Fifteen pregnant sows with similar body condition, parity and parturition time were randomly assigned to groups Ⅰ, Ⅱ and Ⅲ, respectively, with five replicates each and one

sow in each replicate. Each sow was fed a basal diet supplemented with 0, 0.25 and 0.50 kg fermented asparagus by-product each day in three groups, respectively. The experiment lasted from day 85 after pregnancy to day 21 after delivery. The results showed as follows: 1) fecal morphology was improved by the supplementation of fermented asparagus by-product to sows. 2) The levels of milk protein, growth hormone, insulin and immunoglobulin G in colostrum of group Ⅲ were significantly higher than those of group Ⅰ (P<0.05), tumor necrosis factor-α level in colostrum of group Ⅲ was significantly lower than that of group Ⅰ (P<0.05). 3) Total superoxide dismutase activity in milk collected from groups Ⅱ and Ⅲ was significantly higher than that of group Ⅰ (P<0.05) at day 10, and which extremely significantly higher than that of group Ⅰ at day 21 (P<0.01); the levels of malondialdehyde, interleukin-1β, interleukin-6 and tumor necrosis factor-α in milk collected from group Ⅲ at day 21 were significantly lower than those of group Ⅰ (P<0.05). It is concluded that supplementary feeding fermented asparagus by-product to sows can reduce the constipation rate of sows from late-pregnancy to the end of lactation and improve milk quality of sows in different degrees.

Key words: sows; fermented asparagus by-product; fecal morphology; milk quality

---

*Contribute equally
**Corresponding author, professor, E-mail: lw20030508@163.com (责任编辑　田艳明)